

CLIPPEDIMAGE= JP357126175A
PAT-NO: JP357126175A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 57126175 A
TITLE: AMORPHOUS SILICON CARBIDE/AMORPHOUS SILICON HETERO
JUNCTION
OPTOELECTRIC ELEMENT

PUBN-DATE: August 5, 1982

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

HAMAKAWA, YOSHIHIRO

OWADA, YOSHIHISA

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

KANEGAFUCHI CHEM IND CO LTD

N/A

APPL-NO: JP56012313

APPL-DATE: January 29, 1981

INT-CL_(IPC): H01L031/04

ABSTRACT:

PURPOSE: To obtain high optoelectric conversion efficiency when a hetero junction optoelectric element is to be formed by a method wherein a thin film doped with amorphous silicon carbide is used at least for one side of the P type layer or the N type layer of a P-I-N junction.

CONSTITUTION: When the hetero junction optoelectric element is to be formed, the element having the form to be injected with light from the P type layer side is constituted of glass 19, a transparent electrode 20, a P type a-Si<SB>1-x</SB>C<SB>x</SB> layer 21, an I type a-Si layer 22, an N type a-Si layer 23, and an electrode 24 from the injecting side of light. When light is to be injected in the N type layer side, the element is constituted of a transparent electrode 29, an N type a-Si<SB>1-x</SB>C<SB>x</SB> layer 28, an I type a-Si layer 27, a P type a-Si layer 26, and an electrode substrate 25 from the light injecting side. In this constitution, the layer indicated with a general expression of a-Si<SB>1-x</SB>C<SB>x</SB> layer is the layer doped

with

amorphous silicon carbide, x is selected as $0.05 \sim 0.95$, and electric conductivity is made as

$10^{-8} \sim 10^{-7} \Omega \cdot \text{cm}^{-1}$.

Moreover silane, silane fluoride, hydrocarbon, hydrocarbon fluoride, etc., is used as the material, and is formed to have thickness of $30 \sim 300 \text{ \AA}$; by plasma decomposition, etc.

COPYRIGHT: (C)1982,JPO&Japio

⑫ Int. Cl.³
H 01 L 31/04

識別記号

庁内整理番号
7021-5F

⑬ 公開 昭和57年(1982)8月5日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 8 頁)

⑭ アモルファスシリコンカーバイト / アモルファスシリコンヘテロ接合光電素子

川西市南花屋敷3-17-4

⑮ 発明者 太和田善久

神戸市北区大池見山台14-39

⑯ 特 願 昭56-12313

⑰ 出 願 人 鐘淵化学工業株式会社

⑱ 出 願 昭56(1981)1月29日

大阪市北区中之島3丁目2番4号

特許法第30条第1項適用 昭和56年1月24日

日刊工業新聞に発表

⑲ 代理人 弁理士 内田敏彦

⑳ 発明者 浜川圭弘

明 細 書

1. 発明の名称

アモルファスシリコンカーバイト / アモルファスシリコンヘテロ接合光電素子

2. 特許請求の範囲

- 1 シラン又はフッ化シランのグロー放電分解法で得られるアモルファスシリコン pin 接合光電素子において、p 層又は n 層の少なくとも一方にシラン又はその誘導体、フッ化シラン又はその誘導体から選ばれる少なくとも一種以上のガスと、ヘイドロカーボン、フッ化ヘイドロカーボン、アルキルシラン又はフッ化アルキルシラン又はその誘導体から選ばれる少なくとも一種以上のガスとの混合物をグロー放電分解して得られる一般式 $a - B1_{(1-x)}O_{(x)}$ で示されるアモルファスシリコンカーバイトを用いる事の特徴とするアモルファスシリコンカーバイト / アモルファスシリコンヘテロ接合光電素子。

- 2 前記の一般式 $a - B1_{(1-x)}O_{(x)}$ で表わされるアモルファスシリコンカーバイトは、そのアトミ

ックフラクション x が約 0.05 から約 0.95 である事の特徴とする特許請求の範囲第 1 項記載のアモルファスシリコンカーバイト / アモルファスシリコンヘテロ接合光電素子。

- 3 前記アモルファスシリコンカーバイトは、室の p 型ドープ層における電気伝導率が約 $10^{-1} (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ 以上である事の特徴とする特許請求の範囲第 1 項又は第 2 項記載のアモルファスシリコンカーバイト / アモルファスシリコンヘテロ接合光電素子。

- 4 前記アモルファスシリコンカーバイトは、その厚みが約 30 \AA から約 300 \AA の p 型ドープ層である事の特徴とする特許請求の範囲第 1 項、第 2 項又は第 3 項記載のアモルファスシリコンカーバイト / アモルファスシリコンヘテロ接合光電素子。

- 5 前記アモルファスシリコンカーバイトは、室における電気伝導率が約 $10^{-1} (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ 以上の n 型ドープ層である事の特徴とする特許請求の範囲第 1 項又は第 2 項記載のアモルファスシリコンカーバイト / アモルファスシリコンヘ

テロ接合光電素子。

6 前記アモルフアスシリコンカーバイトは、その厚みが約 30 \AA から 300 \AA の n 型ドーブ層である事を特徴とする特許請求の範囲第 1 項、第 2 項又は第 5 項記載のアモルフアスシリコンカーバイト/アモルフアスシリコンヘテロ接合光電素子。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、アモルフアスシリコンカーバイト/アモルフアスシリコンヘテロ接合光電素子に関する。

シラン (SiH_4) のプラズマ分解法で得られるアモルフアスシリコンは、W. E. Spear 等によつて、 PH_3 や B_2H_6 でドーブする事により、その伝導度を大きく変える事ができることが発見され (1976 年)、D. E. Carlson 等によつてアモルフアスシリコンを用いた太陽電池が試作 (1976 年) されて以来注目を集め、アモルフアスシリコン薄膜太陽電池の効率を改善する研究が活発に行なわれている。

これまでの研究により、アモルフアスシリコン

本発明者は、pin 型光電変換の効率を改善する為に鋭意研究した結果、シラン又はその誘導体、フッ化シラン又はその誘導体から選ばれる少なくとも一種以上のガスと、ヘイドロカーボン、フッ化ヘイドロカーボン、アルキルシラン又はフッ化アルキルシラン又はその誘導体から選ばれる少なくとも一種以上のガスとの混合物をプラズマ分解して得られるアモルフアスシリコンカーバイトのドーブ薄膜を pin 接合光電素子の p 又は n 層の少なくとも一方に用いる事により効率を大巾に改善できることを見出したもので、太陽電池や光スイッチ等の光電素子として用いることができる。以下にその詳細を説明する。

本発明のアモルフアスシリコンは、シラン (SiH_4) 又はその誘導体又はフッ化シラン又はその誘導体、又はこれらの混合物と、水素又は水素で希釈したアルゴン、ヘリウム等の不活性ガスとの混合ガスを、容量結合法又は誘導結合法による高周波グロー分解又は直流グロー放電分解することにより得られる。混合ガス中のシランの濃度は、通常 0.5

薄膜光電素子の構造としてはシヨットキーバリエー型、pin 型、MIS 型、ヘテロ接合型があり、そのうち前三者が高効率太陽電池として有望視されている。すなわちシヨットキーバリエー型で 5.5 % (D. E. カールソン他、1977 年)、MIS 型で 4.8 % (J. I. B. ウィルソン他、1978)、pin 型で 4.5 % (浜川圭弘 1978) の変換効率が達成されている。

pin ジャンクション型太陽電池の場合、p 型又は n 型アモルフアスシリコンではキャリアの寿命が短かく、有効なキャリアにならず、また光の吸収係数が 1 層に比べて大きい事から p 層での光の吸収ロスが大きい点に問題があつた。

このような欠点を改良する為にインバーティド pin 型の光電素子が提案されている。すなわち n 型アモルフアスシリコン膜から光を照射する素子である。この素子は p 型に比べると光の吸収係数が比較的小さい為にやや有利と考えられる。しかしこの n 型アモルフアスシリコンでも光の吸収ロスがある点では p 型と変わらない。

～50 %、好ましくは 1～20 % である。

基板の温度は $200 \sim 300^\circ\text{C}$ が好ましく、透明電極 (ITO 、 SnO_2 等) を蒸着したガラスや高分子フィルム、金属等、太陽電池の構成に必要なあらゆる基板が含まれる。

太陽電池の基本構成は、図-1 の (a)、(b) に代表例が示される。(a) は p 側から光を照射するタイプで、例えばガラス-透明電極-p-i-n-A1 の構成、(b) は n 側から光を照射するタイプで、例えばステンレス-p-i-n-透明電極の構成である。その他、p 層と透明電極の間に薄い絶縁層をつけたり、薄い金属層をつけた構造でもよい。要は p-i-n 接合を基本とするものであればいかなる構成でもよい。

(又はその誘導体、又はフッ化シラン若しくはシラン若しくはその誘導体、又はこれらの混合物のグロー放電分解で得られる約 10^{-7} 秒以上のキャリア寿命で約 $10^{17} \text{ cm}^{-3} \cdot \text{eV}^{-1}$ 以下の局在単位密度を有し $10^{-2} \text{ cm}^2/\text{V}$ 以上の移動度をもつ真性アモルフアスシリコン (以下、1 型 a-B1 という)) を 1 層として、p 型と n 型ドーブ半導体で接合し

た p-n 接合構造にするわけであるが、本発明では p 層又は n 層の少なくとも一方、すなわち光を照射する側にアモルファスシリコンカーバイドを用いる事を特徴とする。p 層と n 層の両方に用いてもよい。又アモルファスシリコンカーバイドを用いないドーブ層は、上記 i 型 a-Si を p 型で用いる場合は周期率表 III 族の元素でドーブし、n 型で用いる場合は周期率表 V 族の元素でドーブすればよい。

本発明のアモルファスシリコンカーバイドは、シラン又はその誘導体、フッ化シラン又はその誘導体から選ばれる少なくとも一種以上のガスと、ヘイドロカーボン、フッ化ヘイドロカーボン、アルキルシラン又はフッ化アルキルシラン又はその誘導体から選ばれる少なくとも一種以上のガスとの混合物をプラズマ分解、好ましくはグロー放電分解して得られる。上記のシリコン化合物としてはシラン SiH_4 又は Si_nH_{4n+2} で示されるシラン誘導体、又は $Si_nH_mH_{4n+2}$ ($m=1\sim4$) で示される誘導体および $Si_nH_mH_{4n+2+i-m}$ で示される誘導体で

シヨン X が約 0.05 から約 0.95 である事が好ましい。本発明では a-Si_(1-x)C_(x) をドーピングして n 型又は p 型として用いるが、n 型ではリン等の周期率表 V 族の元素でドーピングする。具体的には、a-Si_(1-x)C_(x) を作る際に pH₃ を、例えばシラン、メタンと共に混合してグロー放電分解して得られる。ドーピング濃度については、室温での電気伝導率が約 $10^{-7} (\Omega \cdot cm)^{-1}$ 以上、好ましくは $10^{-6} (\Omega \cdot cm)^{-1}$ 以上になるようにコントロールすればよい。通常は a-Si_(1-x)C_(x) 中に約 0.001 atom 多から 1.0 atom 多、好ましくは 0.005 atom 多から 2.0 atom 多が用いられる。p 型の場合はボロン等の周期率表 III 族の元素でドーピングする。具体的には、B₂H₆ を、例えばシラン、メタンと共に混合してグロー放電分解して得られる。ドーピング濃度は室温での電気伝導率が約 $10^{-8} (\Omega \cdot cm)^{-1}$ 以上好ましくは $10^{-7} (\Omega \cdot cm)^{-1}$ 以上になるようにコントロールすればよい。通常は a-Si_(1-x)C_(x) 中に約 0.001 atom 多から 10 atom 多好ましくは 0.005 atom 多から 2.0 atom 多

代表されるシリコンの水素及び/又はフッ化物などがある。炭素化合物としてはフッ化メタン CF₄、又は $O_nF_mH_{2n+2-i-m}$ で示されるフロロヘイドロカーボン誘導体、又はその不飽和誘導体がある。ヘイドロカーボンとしては、飽和脂肪族ヘイドロカーボン (C_nH_{2n+2})、不飽和脂肪族ヘイドロカーボン (例えばエチレン、プロピレン等の一般式 C_nH_{2n}) がある。要はアモルファスシリコンカーバイドを得るためのシリコン源としては、Si の水素及び/又はフッ素誘導体で蒸気圧のあるもの、また炭素源としては、C の水素及び/又はフッ素誘導体で蒸気圧のあるものでありさえすればいかなるものでもよいのである。シリコンカーバイドの組成については、グロー放電分解して得られる膜の組成を用い Si 原子数と C 原子数の比 a-Si_(1-x)C_(x) で示す。例えば、膜中の C 原子と Si 原子の割合が 1:1 の場合 a-Si_(0.5)C_(0.5) と示す。膜中の C 原子や Si 原子の組成比は IMA, SIMS, オージェ、エスカ、等の電子分光によつて求める事ができる。本発明では a-Si_(1-x)C_(x) のアトミックフラク

が用いられる。

本発明の a-Si_(1-x)C_(x) においても H 又は F が重要な役割をしている。フッ化シラン、シランのグロー放電分解で得られアモルファスシリコン中の H 又は F と同様、ダングリングボンドのターミネーターとして働らく為と考えられる。H 及び/又は F の濃度は基板温度等の製作条件で大きく変わるが、本発明では基板温度は 200℃で〜350℃が好ましく、この場合、3 atom 多から約 2.0 atom 多が膜中に含まれる。

上述した a-Si_(1-x)C_(x) と a-Si のヘテロ接合光電素子について以下に具体的に説明すると、次の通りである。代表的な構造は透明電極/p 型 a-Si_(1-x)C_(x)/i 型 a-Si/n 型 a-Si/電極の構造で、透明電極物から光を照射する。透明電極は ITO や SnO₂ 特に SnO₂ が好ましく、ガラス基板にあらかじめ蒸着して用いたり p 型 a-Si_(1-x)C_(x) 上に直接蒸着してもよい。

p 型 a-Si_(1-x)C_(x) 層の厚みは約 30 Å から 300 Å 好ましくは 50 Å から 200 Å、i 型 a-Si 層

の厚みは本発明の場合限定されないが約2500
~10000Åが用いられる。n型a-Bi層はオー
ミックコンタクトをとるための層で厚みは限定さ
れないが約150Å~600Åが用いられる。又
このn型a-Biの代わりに本発明のn型a-Bi_(1-x)C_(x)
を用いてもよい。

もう1つの代表的な構造は

透明電極/n型a-Bi_(1-x)C_(x)/i型a-Bi/p型
a-Bi/電極の構造で、透明電極から光を照射す
る。n型a-Bi_(1-x)C_(x)の厚みは約30Åから
300Å好ましくは50Å~200Å、i型a-Bi
層の厚みは限定されないが約2500Å~10000
Åが通常用いられる。p型a-Bi層の厚みは限定
されないが約150Å~600Åが用いられる。
又このp型a-Biの代わりに本発明のp型a-Bi_(1-x)
C_(x)を用いてもよい。透明電極の素材及び蒸着
法については前同様である。

次に実施例により本発明の効果について説明す
る。内径11cmの石英反応管を用い14.56MHz
の高周波でグロー放電分解を行う。i型a-Biは、

~100% (Bi₁C₀)の場合、変換効率(以下、 η と
いう)4.6%であるのに対して本発明のa-Bi_(1-x)
C_(x)を用いると $x=0.05$ でも $\eta=5.4\%$ と増加し、
 $x=0.2$ では $\eta=7.1\%$ にも改善される。 $x=0.4$
では $\eta=7.2\%$ にも達しシラン100%の時に比し
極めて高い値が得られる。

x が0.5以上で効率は低下傾向を示すが、これは
p型a-Bi_(1-x)C_(x)の抵抗が大きくなる事によ
るフィルファクター(以下、FFと言う)の低下で
あり、短絡電流(以下 J_{sc} という)はほとんど変り
なく、本発明のa-Bi_(1-x)C_(x)を用いる事によつ
て、p層での光吸収ロスの減少による J_{sc} の増加
と開放電圧(以下、 V_{oc} という)の増加により、
効率の改良ができたものと考えられる。

これらの結果はBi₂とCH₄を用いても全く同様
であつた。

(次頁へ続く)

水素で希釈したシランを2~10 Torrでグロー
放電分解して得られる。n型a-Biは水素で希釈
したシランとフォスフィン(PH₃)(PH₃/BiH₃=0.5atm%)
を同様にグロー放電分解して得られる。p型
a-Bi_(1-x)C_(x)は水素で希釈したシラン、メタ
ン(OH₄)、ジボラン(B₂H₆)(B/(Bi+C)=0.10atm%)
を同様にグロー放電分解して得られる。ここで
a-Bi_(1-x)C_(x)は、グロー放電時のガス組成を
変量してそのアトミックフラクション x が0.85
~0.05になるようにした。

太陽電池の構成は、25Ω/□のSnO₂薄膜のつ
いたガラス基板のSnO₂面にp型a-Bi_(1-x)C_(x)、
i型a-Bi、n型a-Biの順に堆積し最後に3.3mm²
のアルミニウムを蒸着してAM-1(100mW/cm²)
のソーラーシミュレーターで太陽電池特性を調べ
た。グロー放電時の基板温度は250℃で行つた。
又、i層は5000Å、n層は500Å、p型a-Bi_(1-x)
C_(x)層の厚みは135Åである。

p型a-Bi_(1-x)C_(x)の膜組成による太陽電池
特性を図-2に示す。この図から判るようにシラ

次はa-Bi_(0.95)C_(0.05)の組成でBのドーパ量を
B/(Bi+C)で0.005atm%から2.0atm%と変
えて太陽電池を作り同様の測定を行つた。(図-3)。
又p型a-Bi_(0.95)C_(0.05)の室温における電気伝導率
のボロンドープ量依存性の変化は図-4に示され
ている。

ドーパ量が少ない時はFFとV_{oc}が低いがp型
a-Biの時よりもはるかに良い効率(η)を示す。又ド
ーパ量が0.5%以上になると J_{sc} が低下する。こ
れはBを高濃度でドーパすると光の吸収係数が増
大する為である。以上の太陽電池特性とp型
a-Bi_(0.95)C_(0.05)膜の電気伝導率(図-4)を比較
して判るようにボロンのドーパ量はp型a-Bi_(0.95)
C_(0.05)の伝導度が10⁸(Ω·cm)⁻¹以上になるよう
にドーパするのが好ましい。

次にn型a-Bi_(1-x)C_(x)を用いる実施例につ
いて説明する。ステンレス基板上にBiH₃を1モル
%ドーパしたp型a-Biを200Å、その上へi型a-Bi
を5000ÅさらにはPH₃でドーパしたn型a-Bi_(1-x)C_(x)
を100Åグロー放電分解して堆積させる。a-Biは

シラン SiH_4 を、 $\text{a-Si}_{(1-x)}\text{O}_{(x)}$ は SiH_4 と CH_4 を夫々用いてグロー放電分解した。さらに ITO を電子ビーム蒸着して同様に太陽電池特性を調べた。 $\text{n型 a-Si}_{(1-x)}\text{C}_{(x)}$ の P のドーパ量を $\text{P}/(\text{Si}+\text{C}) = 0.5 \text{ atom\%}$ としてアトミックフラクション X を 0.05 から 0.85 まで変量した場合の太陽電池特性を図-5 に示す。 X が 0.5 まではほぼ連続的に Jsc が増加し、 FF , Voc も増加する。一方 FF は $\text{X} > 0.5$ で低下しているため η も低下するが $\text{X} = 0.5$ では変換効率は 7.3 % に改良されている。 n型 a-Si (図 5 中で $\text{X} = 0$) の場合 $\eta = 4.9 \%$ であり $\text{X} = 0.05 \sim 0.95$ の間で著しい改良を示す。 $\text{n型 a-Si}_{(0.9)}\text{C}_{(0.1)}$ での P のドーパ量を $\text{P}/(\text{Si}+\text{C}) = 0.005 \sim 2 \text{ atom\%}$ まで変えた時の太陽電池特性を図-6 に示す。ドーパ量の増加と共に Jsc , FF , Voc が増加しているのが判かる。 $\text{n型 a-Si}_{(0.9)}\text{C}_{(0.1)}$ の室温での電気伝導率のドーパ量依存性 (図-4) から P のドーパ量は電気伝導率が $10^{-7} (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ 以上であるようにするのが好ましいと言える。

シランのグロー放電分解でメタン、エタン等の

ハイドロカーボンを混合してグロー放電分解してアモルファスシリコンカーバートの得られる事は既に知られている (例えば D. A. Anderson and W. E. Spear, Phil. Mag. 35, 1 (1977))。

しかしながら、シランとメタンで得られる $\text{a-Si}_{1-x}\text{C}_x$ を真性領域に用いた太陽電池は、D. E. Carlson らの実験によりメタンを含まない場合、2.27 % の効率が、10 % のメタンを含むと 1.4 % に低下し、さらに 30 % のメタンを含む場合、0.08 % と極端に低下してしまう事が知られていた (例えば Topics in Applied Physics Vol 36, Amorphous Semiconductors p=311 (M. H. Brodeky, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 刊 1979 年))。従つて、従来はメタン等のハイドロカーボンは不純物として好ましくないとされていた。

本発明者は、アモルファスシリコンカーバートを p型 又は n型 にドーパし pin 接合光電素子の窓材料に利用して大巾な効率を改善したものであり、その効果は驚くべきものである。

4. 図面の簡単な説明

図-1 (a) は p 層側から光を照射するタイプの光電素子を示す構造図であつて、図中 19 はガラス、20 は透明電極、21 は $\text{p型 a-Si}_{(1-x)}\text{C}_{(x)}$ 、22 は i型 a-Si 、23 は n型半導体 (例えば n型 a-Si)、24 は電極である。図 (b) は n 層側から光を照射するタイプを示す構造図で、25 は電極基板、26 は p型 a-Si 、27 は i型 a-Si 、28 は $\text{n型 a-Si}_{(1-x)}\text{C}_{(x)}$ 、29 は透明電極である。図-2 は $\text{p型 a-Si}_{(1-x)}\text{C}_{(x)}/\text{i-n a-Si}$ ヘテロ接合光電素子において、 B のドーパ量を $\text{B}/(\text{Si}+\text{C}) = 0.1 \text{ atom\%}$ とした時の X の変化による太陽電池特性を示すグラフである。このグラフにおいて、1 は短絡電流 $\text{Jsc} (\text{mA}/\text{cm}^2)$ 、2 はフィルクタ- FF 、3 は開放電圧 $\text{Voc} (\text{volts})$ 、4 は変換効率 $\eta (\%)$ である。図-3 は、 $\text{p型 a-Si}_{(0.9)}\text{C}_{(0.1)}/\text{i-n a-Si}$ ヘテロ接合光電素子において、 B のドーパ量を $(\text{Si}+\text{C})$ に対して $0.005 \sim 2.0 \text{ atom\%}$ と変えた時の太陽電池特性を示すグラフである。5 は Jsc 、6 は FF 、7 は Voc 、8 は η である。

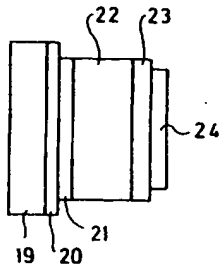
図-4 は、 $\text{a-Si}_{(0.9)}\text{C}_{(0.1)}$ 膜において P 又は B のドーパ量変化による室温での電気伝導率の変化を示すグラフである。9 は P のドーパ、10 は B のドーパの場合である。図-5 は、 $\text{n型 a-Si}_{(1-x)}\text{C}_{(x)}/\text{i-p a-Si}$ ヘテロ接合光電素子において P のドーパ量を $\text{P}/(\text{Si}+\text{C}) = 0.5 \text{ atom\%}$ とした時の X による太陽電池特性の変化を示すグラフである。11 は Jsc 、12 は FF 、13 は Voc 、14 は η を示す。図-6 は、 $\text{n型 a-Si}_{(0.9)}\text{C}_{(0.1)}/\text{i-p a-Si}$ ヘテロ接合光電素子において P のドーパ量を $(\text{Si}+\text{C})$ に対して $0.005 \sim 2.0 \text{ atom\%}$ 変化させた時の太陽電池特性を示すグラフである。15 は Jsc 、16 は FF 、17 は Voc 、18 は η を示す。

特許出願人 社団法人生産技術振興協会

代理人 弁理士 内 田 敏 彦

図-2

(a)



(b)

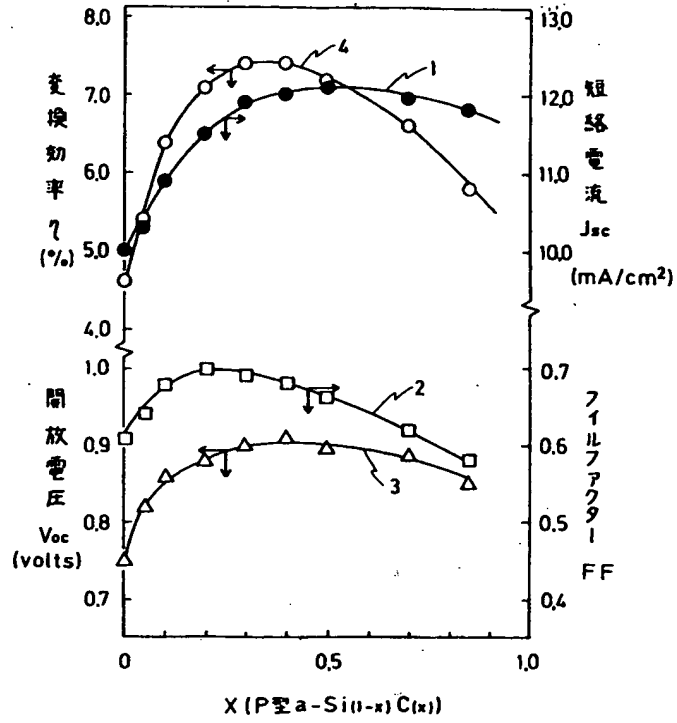
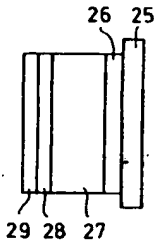


図-3

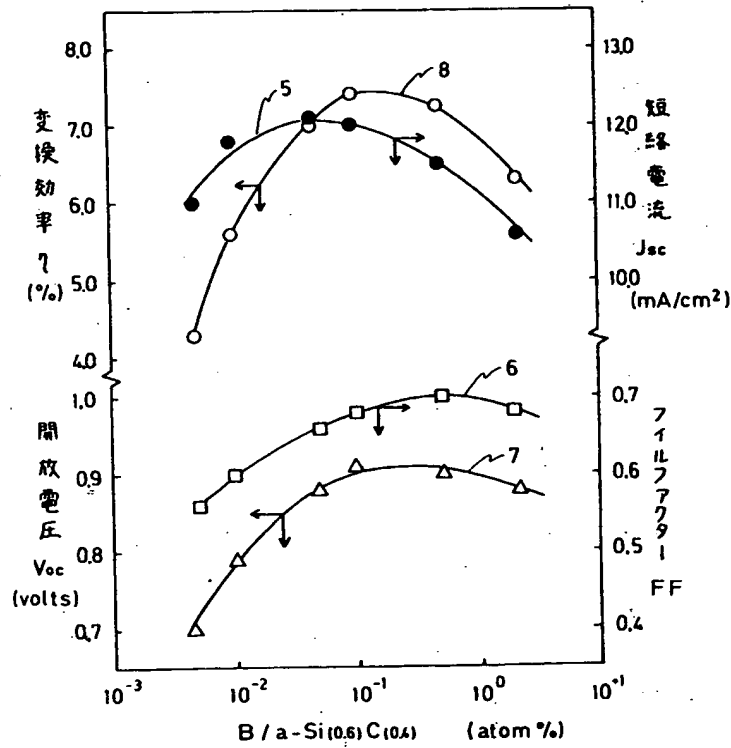


図-4

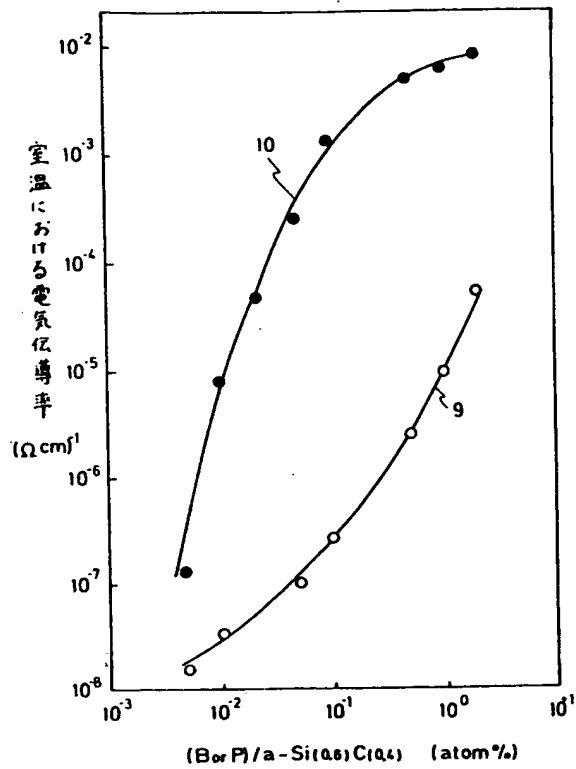


図-5

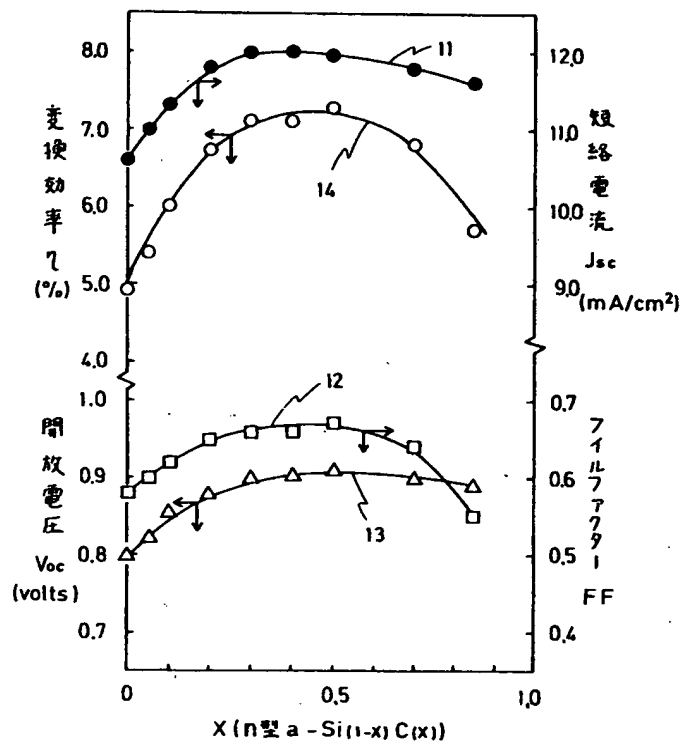


図-6

